9. Первое начало термодинамики. Внутренняя энергия идеального газа. Количество теплоты. Работа.

2) Внутренняя энергия

К внутренней энергии не относятся кинетическая энергия движения системы как целого и потенциальная энергия системы во внешних полях.

понятие числа степеней свободы i: это число независимых координат, полностью определяющих положение тела (материальной точки, системы материальных точек) в пространстве. Так, например, положение материальной точки определяется тремя координатами (x, y, z), следовательно, i=3. Тонкий стержень имеет 5 степеней свободы (x, y, z, α, β), т.е. 3 поступательные и 2 вращательные, твердое тело имеет 6 степеней свободы (x, y, z, α, β, γ), т.е. 3 поступательные и 3 вращательные.

Естественно, что жесткой связи между атомами не существует – атомы могут совершать колебания. С учетом этого полное число степеней свободы i∑=i+2iколеб. В классической теории рассматривают молекулы с жесткой связью атомов, для них iколеб.=0.

Итак, независимо от числа степеней свободы молекул, три степени свободы всегда поступательные. Ни одна из них не имеет преимущества перед другими, поэтому на каждую из них приходится в среднем одинаковая энергия, равная 1/3 значения <Wk> [см.(16) в лекции 1,2], т.е.

<Wk>/3 = kT/2.

Важнейший закон классической статистической физики – закон равномерного распределения энергии по степеням свободы – утверждает: на каждую степень свободы молекулы в среднем приходится одинаковая кинетическая энергия, равная kТ/2.

Следовательно, средняя кинетическая энергия молекулы, имеющей i степеней свободы, <Wk> = kT . (1)

Так как в идеальном газе взаимная потенциальная энергия молекул равна нулю (т.е. молекулы между собой не взаимодействуют), то внутренняя энергия U представляет собой кинетическую энергию его молекул.

Для одного моля

, (2)

для произвольной массы m газа

, (3)

где М – масса моля, ν=m/M – число молей.

Таким образом, внутренняя энергия идеального газа пропорциональна температуре газа и зависит от числа степеней свободы его молекул.

Внутренняя энергия закрытой системы (т.е. системы, которая не обменивается веществом с внешней средой; в 4,5 лекциях мы изучаем только закрытые системы) может изменяться качественно различными способами:

1. Путем совершения работы внешними телами над системой, например, при сжатии газа температура его повышается и, следовательно, изменяется (увеличивается) его внутренняя энергия.

2. Путем теплообмена, т.е. процесса обмена внутренними энергиями при контакте тел с различными температурами. Энергию, передаваемую от одних тел к другим в процессе теплообмена, называют теплотой.

Внутренняя энергия тела(U) складывается с кинетической энергией поступательного и вращательного движения молекул относительно центра масс, энергией взаимодействия, внутренней молекулярной энергией.

Внутренняя энергия – полная энергия за вычетом кинетической энергии тела как целого и потенциальной энергии тела во внешнем поле сил.

Согласно закону Джоуля , внутренняя энергия идеального газа не зависит от давления и объёма.

Внутренняя энергия – функция состояния системы. Определяется параметрами состояния т.е. ∆U зависит только от начального и конечного состояния системы.

Внутренняя энергия одноатомного идеального газа равна энергии поступательного хаотического движения его атомов.

=6,02\*[]

k=

R=8,31 Дж/моль\*К

1) Первое начало термодинамики

Первый закон термодинамики представляет собой закон сохранения энергии.

Допустим, что некоторая термодинамическая система (например, газ, заключенный в цилиндр под поршнем), обладая внутренней энергией U1, получила некоторое количество теплоты Q и, перейдя в новое состояние, характеризующееся внутренней энергией U2, совершила работу А над внешней средой, т.е. против внешних сил. В этом случае Q=U2-U1+A или

Q=ΔU+A. (4)

Уравнение (4) выражает ПНТ: теплота, сообщаемая системе, расходуется на изменение ее внутренней энергии и на совершение ею работы против внешних сил.

Для бесконечно малых процессов выражение (4) записывают в дифференциальной форме dQ=dU+dA или в более корректной форме

, (5)

поскольку только dU является полным дифференциалом, а δQ и δА полными дифференциалами не являются.

Из формулы (5) следует, что в СИ количество теплоты выражается в тех же единицах, что работа и энергия, т.е. в джоулях (Дж).

Если система периодически возвращается в первоначальное состояние, то изменение ее внутренней энергии ΔU=0. Тогда, согласно (4) А= Q , т.е. вечный двигатель первого рода, который совершал бы большую работу, чем сообщенная ему извне энергия, не возможен. Это одна из формулировок первого начала термодинамики.

Первый закон термодинамики формулируеться следующим образом:   
теплота, переданная системе, расходуеться на изменение ее внутренней энергии и на совершение работы.

3) Количество теплоты

Количеством теплоты Q, полученной телом, называют изменение внутренней энергии тела в результате теплообмена. Передача энергии от одного тела другому в форме тепла может происходить только при наличии разности температур между ними.

Количество теплоты Q является энергетической величиной. В СИ количество теплоты измеряется в единицах механической работы – джоулях (Дж).